

## PREDIKSI KELONGSORAN LERENG ALAM TANGSE-GEUMPANG DALAM PERSPEKTIF GEOTEKNIK

Abdul Jalil

*Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh  
Jl. Cot Teungku Nie, Reuleut Tim., Muara Batu, Kabupaten Aceh Utara, Aceh  
\*Email: jalilgeo@yahoo.com*

### ABSTRAK

*Hujan deras yang terjadi di bulan Nopember 2016 telah menyebabkan longsor lereng alam dan terputusnya jalan raya yang menghubungkan Tangse dan Geumpang. Labilnya tanah lereng alam yang tidak mempunyai perkuatan dan air hujan infiltrasi kedalam tanah dan menjadi saturated. Kondisi ini menyebabkan kehilangan tegangan tanah efektif pada lereng dan terjadinya longsor. Untuk mengatasi kejadian ini perlu melakukan analisis stabilitas lereng alam dengan perkuatan lereng. Perkuatan lereng dapat dikerjakan secara mekanik dan kimiawi. Analisis lereng dapat digunakan metoda morgenstern-Price, Fellenius. Dengan mengetahui gaya yang menahan dan gaya menggulingkan tanah lereng, maka nilai safety factor lereng dapat diketahui. Stabilitas lereng diharapkan dengan nilai  $SF > 1,5$  maka lereng akan stabil.*

**Kata Kunci:** Stabilitas lereng, safety factor, kimiawi dan mekanik.

### PENDAHULUAN

Hujan deras yang mengguyur wilayah Pidie sejak Rabu (16/11/2016) sore selama 19 jam telah menyebabkan longsor di Jalan Nasional Tangse-Geumpang, tepatnya di kawasan Dusun Kuala, Gampong Alue Mie, Kecamatan Manee, (serambi indonesia, 16 Nopember 2016). Peristiwa ini merupakan kelongsoran lereng alam yang diakibatkan banyaknya infiltrasi air hujan yang mengakibatkan hilangnya tegangan efektif dalam tanah.



**Gambar 1.** Kondisi lereng alam longsor Jalan Tangse Geumpang

Pada gambar 1 di atas jelas terlihat bahwa resiko kegagalan lereng alam akibat curah hujan tinggi dan terjadi kehilangan tegangan efektif dalam tanah yang seharusnya menahan gaya yang memobilisasi tanah.

Menurut Muchtar.I.B, (2016), Sangat sering kita dengar berita kejadian bencana alam di Asia seperti Philipina sampai Hongkong, Taiwan, China, Korea dan Jepang memiliki hujan berat yang menyebabkan kelongsoran lereng alam. Dan banyak peneliti dunia yang mengkaji hubungan antara hujan berat dengan keruntuhan lereng alam.

Raharjo.P.P (2016) juga menyampaikan bahwa keruntuhan lereng alam sangat banyak terjadi di Indonesia akibat lemahnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang cukup untuk mengatasi kejadian ini. Oleh karena itu penggunaan pendekatan software elemen hingga sangat membantu dalam proses analisis untuk menghasilkan nilai stabilitas lereng yang semakin baik.

Kesimpulan yang diharapkan dalam proses analisa ini adalah nilai angka keamanan yang baik dengan SF lebih besar dari 1,5.

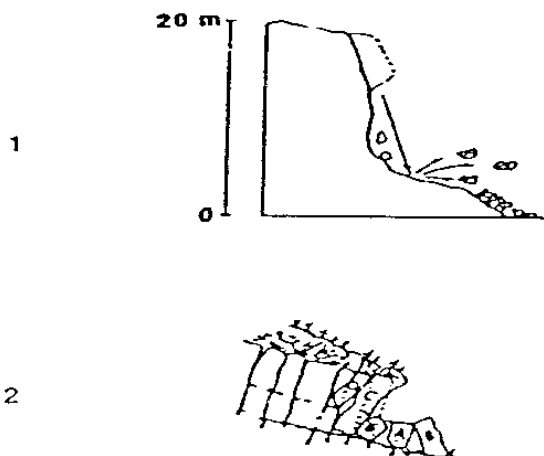
## 1. Dasar teori

Lereng alami yang mengalami keruntuhan karena adanya aliran air tanah, kehilangan kekuatan, perubahan tegangan. Akibat adanya gaya-gaya yang bekerja pada material pembentuk lereng menyebabkan kecenderungan untuk menggelincir. Kecenderungan ini ditahan oleh kekuatan geser material sendiri.

Keruntuhan lereng dapat saja terjadi pada hampir setiap kasus lereng alami karena berkurangnya daya dukung lereng yang disebabkan erosi pada musin hujan yang tinggi dan pergerakan alami dari lereng akibat pergeseran bidang longsor. Akan terjadi penambahan beban pada lereng dengan meningkatnya berat volume tanah pengaruh air hujan.

Cruden dan Varnes (1992) menyebutkan ada lima tipe kinetik pada pergerakan longsor tanah yaitu: jatuhan (*falling*), Rubuhan (*toppling*), Gelincir (*sliding*), Sebaran (*spreading*), aliran (*flowing*).

Setiap tipe keruntuhan mempunyai model yang berbeda-beda. Jatuhan (Gambar 3) dan rubuhan (Gambar .2) biasanya terjadi pada lereng batuan, sedangkan gelincir, sebaran, dan aliran terjadi pada lereng tanah.

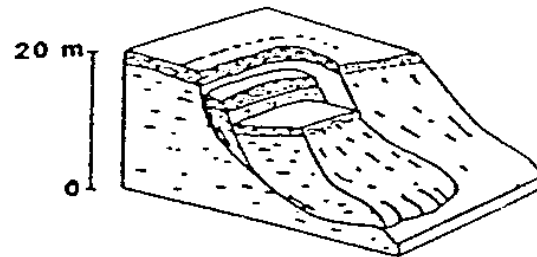


**Gambar 2.** Tipe Kelongsoran (1) Jatuhan  
(2) Rubuhan

Sumber: Cruden dan Varnes, 1992)

Gelincir merupakan pergerakan lereng bawah pada massa tanah yang terjadi secara dominan pada permukaan retak atau terhadap area kecil pada regangan gesek (Cruden dan Varnes, 1992). Pergerakan biasanya bersifat progresif dari daerah keruntuhan lokal. Tanda pertama pergerakannya, biasanya terdapat retakan pada permukaan tanah yang asli pada

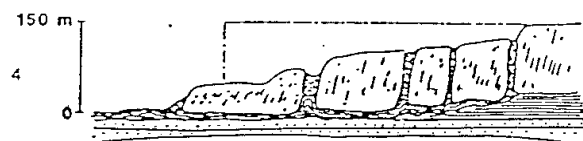
longsoran yang akan terjadi. Longsoran tersebut mungkin translasi atau rotasi atau kombinasi antara keduanya yang disebut gelincir gabungan.



**Gambar 3.** Tipe Kelongsoran Gelincir  
Sumber: Cruden dan Varnes, 1992

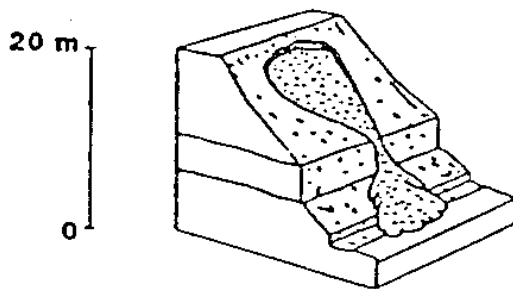
Kelongsoran translasi meliputi pergerakan sepanjang retakan atau pada bidang lemahnya. Pada tanah lempung, Kelongsoran translasi terjadi pada lapisan pasir jenuh atau lanau. Kelongsoran rotational mempunyai bidang longsor yang terjadi di atas lereng dan biasanya terjadi dalam pertemuan massa tanah. Umumnya terjadi pada material homogen.

Sebaran didefinisikan sebagai perluasan massa tanah dengan penurunan massa tanah yang retak ke arah material yang lebih lunak. Sebaran mungkin terjadi akibat likuifaksi pada deposit granular atau keruntuhan pada tanah kohesif yang lemah pada lereng. (Schuster dan Fleming, 1982). Biasanya itu terjadi pada lereng dangkal.



**Gambar 4.** Tipe Kelongsoran Sebaran  
Sumber: Cruden dan Varnes, 1992

Aliran merupakan pergerakan menerus dimana permukaan geser adalah bersifat sementara dan biasanya tidak mempunyai ketahanan. Distribusi kecepatan pada massa tanah yang berpindah berubah menjadi cairan. Kelongsoran secara perlahan berubah aliran dengan perubahan kandungan air, mobilitas, dan evolusi pergerakan. Saat material yang berpindah tadi kehilangan kekuatan dan terdapat air atau bertemu dengan lereng lebih curam, runturan longsor menjadi aliran runturan yang cepat.



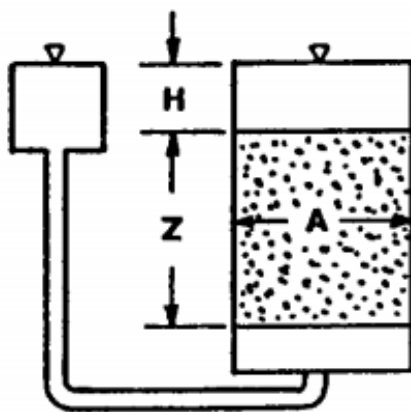
**Gambar 5.** Tipe Kelongsoran Aliran  
Sumber: Cruden dan Varnes, 1992

## 2. Pengaruh Air Tanah terhadap Kestabilan Lereng

Selain beban gravitasi, air tanah adalah faktor yang penting dalam masalah stabilitas lereng. Pengetahuan mengenai kondisi air tanah sangat diperlukan untuk analisis sebuah lereng. Air tanah dapat mempengaruhi stabilitas lereng karena mengurangi kekuatan tanah, merubah kandungan mineral karena adanya reaksi kimia, merubah berat isi tanah, meningkatkan tekanan air pori dan menyebabkan erosi.

## 3. Aliran Air Tanah

Abraham son, (1996), memberikan cara menentukan prinsip alir air tanah, Massa tanah yang sudah jenuh akibat genangan air hujan maka akan mengalami dua phase perubahan diantaranya : soil skeleton partikel tanah dan air memasuki kedalam pori diantara partikel tanah. Maka tegangan total ( $\sigma$ ), tegangan efektif ( $\sigma'$ ) dan tekanan air pori ( $u$ ) yang terjadi seperti pada Gambar 2.



**Gambar 6.** Tanah jenuh air

$$\sigma = \sigma' + u$$

(1)

$$u = (H+Z)\gamma_w$$

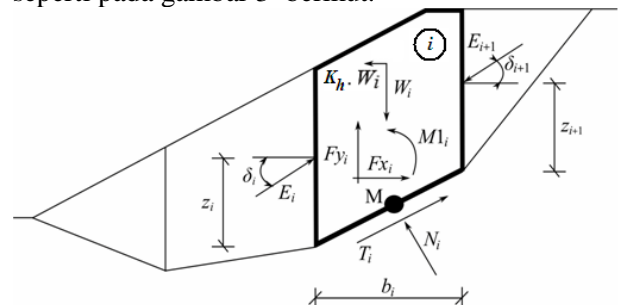
$$\sigma = H.\gamma_w + z.\gamma$$

$$\sigma' = \sigma - u = H.\gamma_w + z.\gamma - (H+z)\gamma_w$$

(2)

## 4. Analisis Stabilitas Lereng

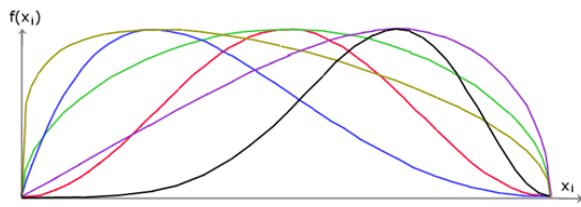
Metoda Morgan dan Price, 1965, mengusulkan pengembangan metoda irisan yang berdasarkan keseimbangan batas. Metoda ini diharuskan memenuhi keseimbangan gaya-gaya dan momen yang bekerja pada masing-masing irisan. Irisan dibuat dengan membagikan tanah kedalam *slip surface* dalam bidang. Gaya – gaya yang bekerja pada masing irisan adalah seperti pada gambar 3 berikut.



**Gambar 7.** Skema Statik metoda Morgenstern-Price

Setiap blok diasumsi mengkontribusi gayanya sama seperti dalam metoda spencer. Berikut ini asumsi-asumsi yang digunakan dalam analisa metoda Morgenstern-Price dalam menghitung gaya keseimbangan batas dan momen pada individual blok. Bidang-bidang dibagi antara blok-blok vertikal, garis gaya berat blok  $W$ , melalui titik pusat segmen  $i^{th}$  pada titik  $M$ , gaya normal  $N$ , sudut kemiringan gaya  $E_i$  antara blok  $\delta_i$  pada slip surface dan akhrit titik  $\delta = 0$ .

Perbedaan antara metoda Morgenstern-Price dan Spencer di dalam asumsi diatas. Pemilihan sudut kemiringan gaya  $\delta_i$ ,  $E_i$  gaya antara blok-blok memerlukan satu fungsi dari kurva setengah sinus yang dipilih. Pilihan ini dari fungsi bentuk yang mempunyai kecil pengaruhnya pada hasil. Nilai fungsi dari kurva fungsi setengah sinus  $f(x_i)$  pada titik batas  $x_i$  dikalikan oleh hasil parameter  $\lambda$  dengan nilai sudut kemiringan  $\delta_{i..}$



Gambar 8. Fungsi setengah sinus

Berdasarkan persamaan (3) - (5), berikut metoda spencer yaitu:

$$N_i = N'_i + U_i$$

$$(3) \quad T_i = (N_i - U_i) \tan \phi_i + c_i \frac{b_i}{\cos \alpha_i} = N'_i \tan \phi_i + c_i \frac{b_i}{\cos \alpha_i}$$

$$N'_i + U_i - W_i \cos \alpha_i + K_h W_i \sin \alpha_i + K_h W_i \sin \alpha_i + F_{y_i} \cos \alpha_i - F_{x_i} \sin \alpha_i +$$

$$N'_i + U_i - W_i \cos \alpha_i + K_h W_i \sin \alpha_i + K_h W_i \sin \alpha_i + F_{y_i} \cos \alpha_i - F_{x_i} \sin \alpha_i +$$

$$E_{i+1} \sin(\alpha_i - \delta_{i+1}) - E_i \sin(\alpha_i - \delta_i) = 0$$

$$(4)$$

$$N_i \frac{\tan \phi_i}{FS} + \frac{c_i}{FS} \frac{b_i}{\cos \alpha_i} - W_i \sin \alpha_i - K_h W_i \cos \alpha_i + F_{y_i} \sin \alpha_i +$$

$$F_{x_i} \cos \alpha_i - E_{i+1} \cos(\alpha_i - \delta_{i+1}) + E_i \cos(\alpha_i - \delta_i) = 0$$

$$E_{i+1} \cos \delta_{i+1} \left( Z_{i+1} - \frac{b_i}{2} \tan \alpha_i \right) - E_{i+1} \sin \delta_{i+1} \cdot \frac{b_i}{2} -$$

$$E_i \cos \delta_i \left( z_i - \frac{b_i}{2} \tan \alpha_i \right) - E_i \sin \delta_i \cdot \frac{b_i}{2} +$$

$$M_{1_i} - K_h W_i (y_M - y_{g_i})$$

(5)

Dimana:

- (1) hubungan antara nilai tegangan total dan tegangan efektif pada *slip surface*.
- (2) Hubungan antara tegangan normal dan geser pada kondisi Mohr-Coulomb dari *slip surface* ( $N_i$  dan  $T_i$ ).
- (3) Persamaan gaya keseimbangan ke a. segmen  $i^{th}$  dari *slip surface*.
- (4) Persamaan gaya keseimbangan b. sepanjang segmen  $i^{th}$  dari *slip surface*.
- (5) Persamaan momen keseimbangan c. pada titik **M**

Modifikasi persamaan gaya (3) dan (4) menghasilkan rumus (6):

$$E_{i+1} = \frac{[(W_i - F_{y_i}) \cos \alpha_i - (K_h W_i - F_{x_i}) \sin \alpha_i - U_i + E_i \sin(\alpha_i - \delta_i)] \frac{\tan \phi}{FS}}{\sin(\alpha_i - \delta_{i+1}) \frac{\tan \phi}{FS} + \cos(\alpha_i - \delta_{i+1})}$$

$$+ \frac{c}{FS} \frac{b}{\cos \alpha_i} - (W_i - F_{y_i}) \sin \alpha_i - (K_h W_i - F_{x_i}) \cos \alpha_i + E_i \cos(\alpha_i - \delta_i)$$

Pers. 6.

Rumus ini dapat digunakan untuk menghitung semua gaya-gaya  $E_i$  antara nilai blok-blok gaya dari  $\delta_i$  dan SF. Asumsi penyelesaian nilai  $E$  bahwa pada awal *slip surface* diketahui  $E_i = 0$ . Tambahan Rumus (6) mengikuti dari persamaan momen keseimbangan (5) adalah:

$$Z_{i+1} = \frac{\frac{b_i}{2} [E_{i+1} (\sin \delta_{i+1} - \cos \delta_{i+1} \tan \alpha_i) + E_i (\sin \delta_{i+1} - \cos \delta_{i+1} \tan \alpha_i)]}{E_{i+1} \cos \delta_{i+1}}$$

$$+ \frac{E_i Z_i \cos \delta_i - M}{E_{i+1} \cos \delta_{i+1}}$$

(7)

Rumus ini untuk menghitung semua lengan gaya yang bekerja  $z_i$  antara blok-blok dari  $\delta_i$ , dimana  $z_i = 0$ .

Angka keamanan dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$FS = \tan \phi_i \tan(\delta_{i+1} - \alpha_i) \quad (8)$$

Kondisi yang harus dipenuhi untuk parameter  $m_\alpha$  dengan menggunakan persamaan berikut:

$$m_\alpha = \cos \alpha_i + \frac{\sin \alpha_i \tan \phi_i}{FS} > 0,2 \quad (9)$$

## 5. Metoda Fellenius

Metoda ini adalah metoda sederhana hanya mengasumsikan irisan dengan hanya beberapa persamaan momen keseimbangan terhadap titik pusat *slip surface*. Gaya geser dan gaya normal antara Blok  $X_i$  dan  $E_i$  adalah diabaikan. Angka keamanan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut

$$FS = \frac{1}{\sum_i W_i \sin \alpha_i} \cdot \sum_i [c_i l_i + (N_i - u_i l_i) \tan \phi_i]$$

Pers.10.

Dimana :  $u_i$  = Tekanan air Pori dalam blok

$c_i, \phi_i$  = Parameter tanah efektif

$W_i$  = Berat Blok

$N_i$  = Gaya normal

$\alpha_i$  = sudut segmen dari *slip surface*.

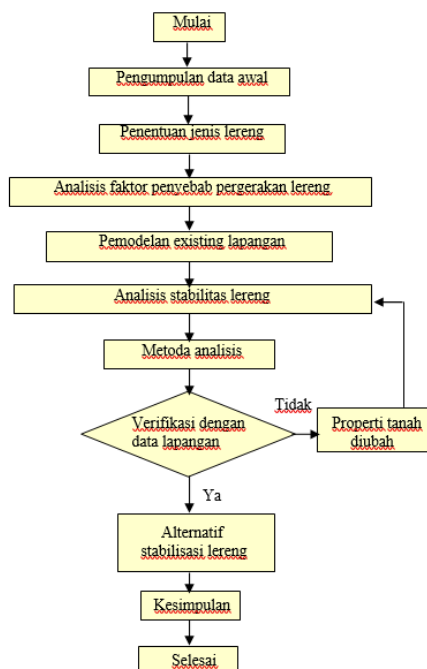
surface.

$l_i$  = panjang segment *slip surface*

## METODA PENELITIAN

Adapun rangkaian proses penelitian dengan urutan pekerjaan yang dapat dilihat pada diagram alir analisis programnya. Analisis stabilitas lereng dalam penelitian ini menggunakan Metoda Morgenstern –Price dan Fellenius yang selanjutnya dimodelkan untuk analisisnya. Prosedur yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 9.

Penyelidikan tanah dilakukan oleh laboratorium mekanika tanah, Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Aceh, dan data hasil penyelidikan tanah tersebut dipakai untuk melakukan analisis kestabilan lereng dengan menggunakan metoda analisis tersebut. Untuk mendapatkan analisis yang cermat, maka diperlukan data yang baik, untuk itu maka dilakukan survei topografi, penyelidikan tanah yang terdiri dari bor dalam, *Standard Penetration Test* (SPT), *undisturbed soil sampling*, pengujian di laboratorium, dan pengamatan inklinometer.



Gambar 9. Diagram alir penelitian

## HASIL YANG DIHARAPKAN

### 1. Kondisi awal

Pada kondisi awal ini dihasilkan kondisi topografi existing alam yang mengalami kelongsoran dengan menyertakan dimensi horisontal dan vertikal.

### 2. Parameter Tanah

Parameter tanah yang digunakan adalah hasil uji berdasarkan hasil uji laboratorium Mekanika Tanah. Uji direct shear lebih representasi untuk kondisi lereng. Input parameter dalam kuantifikasi stabilitas lereng sangat menentukan.

### 3. Pemodelan

Pemodelan lereng yang akan di analisis harus merepresentasi kondisi real dan dilakukan analisa untuk kondisi existing dan kondisi perkuatan. Pada masing-masing kondisi mempertimbangkan pengaruh aliran air tanah saat kondisi total dan kondisi efektif.

## KESIMPULAN

Sangatlah penting untuk diketahui kondisi alam sedini mungkin terhadap kemungkinan terjadinya bencana alam. Kerusakan lereng di Indonesia sangat rentan terjadi bencana. Peningkatan pengetahuan kepada masyarakat luas sangatlah perlu diinformasikan akan bahaya kelongsoran lereng.

Pada perkuatan tebing diharapkan dihasilkan angka keamanan lereng alam lebih besar dari 1,5.

Nilai safety faktor ini diperhitungkan baik pada kondisi normal maupun pada kondisi kritis jenuh air dalam tanah.

## Daftar Pustaka

- Abramson, L.W., Lee, T.S., Sharma, S., Boyce, G.M., ''*Slope Stability and Stabilization Methods*,'' John Wiley and Sons, Inc., 1996.
- Cruden, D.M. dan D.J. Varnes, ''*Landslide Types and Processes*, ''*Landslides : Investigation and Mitigation*. Washington, DC: Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Chapter 3, Juli 1992.
- Harian Serambi Indonesia, 16 -11-2016, *Jalur Tangse – Geumpang Putus Total* .
- Mochtar,I.B, and Hutagamissufardal (2016), ''*Cracks in Soils and Their Implication for Geotechnical Engineering*'', Proceedings 20<sup>th</sup> Annual National Conference on Geotechnical Engineering, pp.49 - 54.

Raharjo,P.P (2016), "*Lesson Learned from Case Histories of Natural Slopes and Man Made Slopes failure with Their Counter Measures in Indonesia*", pp.55 – 75.

Shin,C.E, at al (2016), "*Aplication of Geotextile tube in the construction of sea dike and shore protection*", Proceedings 20<sup>th</sup> Annual National Conference on Geotechnical Engineering, pp.35 - 48.